



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

①2 Offenlegungsschrift  
①0 DE 40 09 540 A 1

⑤1 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**B 60 C 23/00**  
G 01 L 17/00  
B 60 K 28/16  
B 60 T 8/32

②1 Aktenzeichen: P 40 09 540.1  
②2 Anmeldetag: 24. 3. 90  
④3 Offenlegungstag: 26. 9. 91

DE 40 09 540 A 1

⑦1 Anmelder:  
Alfred Teves GmbH, 6000 Frankfurt, DE

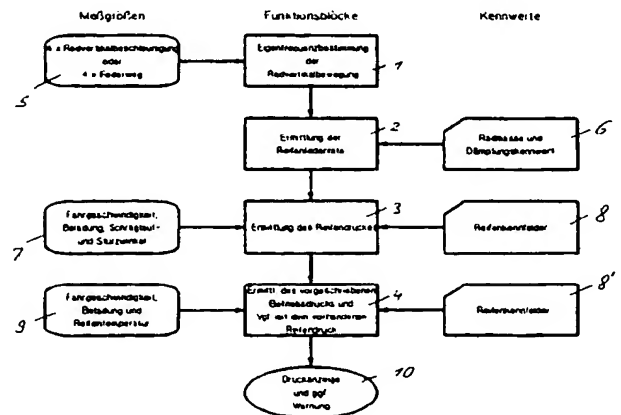
⑦2 Erfinder:  
Grünberg, Hubertus von, Dr., Rochester, Mich., US;  
Hoffmann, Michael, Dr., 6000 Frankfurt, DE;  
Neumann, Ulrich, 6101 Roßdorf, DE; Rieth, Peter,  
Dr., 6228 Eltville, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE 37 41 818 C1  
DE 35 41 494 A1  
DE 32 36 594 A1  
DE 31 51 254 A1  
DE 29 05 931 A1  
US 43 55 294

⑤4 Verfahren und System zur Reifendrucküberwachung

⑤7 Zur Überwachung des Reifendruckes wird das vertikale Schwingungsverhalten der einzelnen Fahrzeugräder gemessen (Funktionsblock 5) und analysiert. Es werden die Eigenfrequenzen der Radverticalbewegungen ermittelt (Funktionsblock 1). Aus diesen Eigenfrequenzen wird auf die Federrate (Funktionsblock 2) und von diesem Kennwert auf den Reifendruck geschlossen (Funktionsblock 3). Der momentane Reifendruck wird mit dem Reifendruck-Sollwert verglichen (Funktionsblock 4). Bei markanten Abweichungen wird ein Warnsignal ausgelöst (Block 10).



DE 40 09 540 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und auf ein System zur Überwachung des Luftdrucks in den an einem Fahrzeug montierten Reifen.

Die Einhaltung und Überwachung des vorgeschriebenen Luftdruckes in den Reifen eines Fahrzeugs ist vor allem für das Fahrverhalten des Fahrzeugs, für die Lebensdauer des Reifens und für den Treibstoffverbrauch von großer Bedeutung. Ein zu geringer Luftdruck, der zu einer Übererwärmung und Zerstörung des Reifens führen kann, stellt außerdem eine Gefahr dar.

Die herkömmliche Kontrolle des Luftdruckes mit einem an das Ventil angesetzten Manometer ist relativ umständlich. Die an sich vorgeschriebene regelmäßige Reifendruckkontrolle wird daher häufig vernachlässigt.

Es ist bereits bekannt, zur Überwachung des Reifendruckes in die Felge jedes Rades einen Druck- und einen Temperatursensor einzubauen, deren Ausgangssignale über eine ebenfalls in der Felge eingebaute Antenne und über einen am Rad feststehenden Empfänger zu einer zentralen elektronischen Auswerteschaltung übertragen werden. Der Ausgang der Auswerteschaltung führt schließlich zu einer Anzeige im Armaturenbrett des Fahrzeugs, die die im Inneren der einzelnen Reifen gemessenen Druckwerte wiedergibt und bei zu großen Abweichungen vom Sollwert des Druckes ein Warnsignal auslöst. Der für ein solches Überwachungssystem erforderliche Aufwand ist — schon wegen der Vielzahl der benötigten Sensoren, der berührungslosen Signalübertragung und der erforderlichen Empfänger-systeme — vergleichsweise hoch. Schon aus diesem Grund kommt ein solches System nur für teure Fahrzeuge, nicht jedoch für Fahrzeuge der mittleren und unteren Preisklassen in Frage.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, diesen Nachteil zu überwinden und ein Verfahren zur Reifendrucküberwachung zu entwickeln, das zuverlässig arbeitet und sich dennoch mit einer preisgünstigen Anordnung bzw. preisgünstigen Bauteilen durchführen läßt.

Es hat sich nun herausgestellt, daß diese Aufgabe durch ein Verfahren gelöst werden kann, das darin besteht,

- daß das vertikale Schwingungsverhalten der einzelnen Fahrzeugräder gemessen wird,
- daß die Eigenfrequenzen der Radvertikalbewegungen ermittelt werden,
- daß aus den Eigenfrequenzen die Federraten der einzelnen Reifen ermittelt werden und
- daß aus der jeweiligen Federrate unter Berücksichtigung fahrzeugspezifischer Meßdaten, wie Beladung, Fahrzeuggeschwindigkeit, Schräglaufwinkel, Sturzwinkel oder dergl., auf den Luftdruck in den Reifen geschlossen wird.

Der momentane Luftdruck in den einzelnen Reifen kann z. B. auf einem Anzeigefeld in dem Armaturenbrett eines Kraftfahrzeuges unmittelbar angezeigt werden. Es ist nach einer Ausführungsart der Erfindung jedoch auch möglich, den ständig ermittelten momentanen Luftdruck mit vorgegebenen Sollwerten des Reifendruckes zu vergleichen und ein Warnsignal auszulösen, sobald die Abweichung zwischen dem momentanen Luftdruck und den Sollwerten vorgegebene Grenzwerte überschreitet.

Nach einer vorteilhaften Ausführungsart des erfin-

dungsgemäßen Verfahrens werden den Reifendruck beeinflussende reifenspezifische und fahrzeugspezifische Daten, wie Reifentemperatur, Beladung des Fahrzeugs, Fahrzeuggeschwindigkeit, Betriebszeit, Bremsenbetätigung usw. gemessen, und es werden in Abhängigkeit von diesen Meßwerten die Reifendruck-Sollwerte bzw. die Grenzwerte des Solldruckes variiert.

Nach einem anderen Ausführungsbeispiel der Erfindung werden die den Reifendruck beeinflussenden Daten — anstelle einer direkten Messung mit Hilfe von entsprechenden Sensoren — aus der Fahrzeuggeschwindigkeit, der Bremsenbetätigung oder aus anderen ohnehin vorhandenen Daten näherungsweise errechnet und diese errechneten Werte dann bei der Ermittlung des Reifendruck-Sollwertes bzw. der Grenzwerte berücksichtigt.

Eine weitere Vereinfachung der Reifendrucküberwachung und Einsparung ergibt sich dann, wenn zunächst, wie zuvor, das vertikale Schwingungsverfahren der einzelnen Fahrzeugräder gemessen und die Eigenfrequenzen der Radvertikalbewegungen ermittelt werden und wenn dann direkt das Schwingungsverhalten der einzelnen Fahrzeugräder bzw. die jeweils ermittelten Eigenfrequenzen achsweise verglichen und Warnsignale ausgelöst werden, sobald die Abweichungen vorgegebene Grenzwerte überschreiten. Es wird also in diesem Fall auf die Errechnung und Anzeige des Luftdruckes in den einzelnen Reifen zugunsten eines geringeren Aufwandes verzichtet, und statt dessen ein voneinander abweichendes Verhalten der beiden Räder einer Achse zum Erkennen eines Reifendefektes oder Druckverlustes ausgewertet.

Eine Anordnung bzw. ein Luftdrucküberwachungssystem zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht im wesentlichen aus Sensoren zur direkten oder indirekten, radindividuellen Messung der Radvertikalbeschleunigungen oder entsprechender Größen, wie der Federwege oder Einfederwege, sowie aus einer elektronischen Schaltung zur Auswertung der Meßsignale und zur Erzeugung von Warnsignalen bei unzulässigem Reifendruck.

An die elektronische Auswerteschaltung des Überwachungssystems sind zweckmäßigerweise Sensoren zur Ermittlung einer oder mehrerer der folgenden Meßgrößen angeschlossen:

- Fahrzeuggeschwindigkeit
- Radgeschwindigkeit, achsweise oder radindividuell
- Beladung, Achslasten
- Schräglaufwinkel
- Sturzwinkel
- Reifentemperatur
- Außentemperatur
- Betriebszeit
- Bremsenbetätigung.

Ferner ist es nach einer weiteren Ausführungsart der Erfindung vorgesehen, daß in der Auswerteschaltung Kennwerte und Kennfelder für eine oder mehrere der folgenden Größen gespeichert sind:

- Radmassen
- Schwingungsdämpfung
- Reifentyp, Reifencharakteristika.

Ein besonders geringer Herstellungsaufwand für das Luftdrucküberwachungssystem nach der Erfindung er-

gibt sich dann, wenn es mit einem 4-Kanal-Dämpfkraftregelsystem und/oder mit einem Blockierschutz- oder Antriebsschlupfregelsystem kombiniert ist. Einige der für die Reifendrucküberwachung benötigten Informationen lassen sich nämlich in diesem Fall mit Hilfe der bereits für das Dämpfkraftregelsystem oder ABS/ASR benötigten Sensoren, wie Radsensoren, Beschleunigungssensoren usw., gewinnen. Die Auswertelektronik kann ebenfalls weitgehend mit der Reglerelektronik kombiniert werden.

Weitere Merkmale, Vorteile und Anwendungsmöglichkeiten der Erfindung gehen aus der folgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der beigefügten Abbildungen hervor. Es zeigt

Fig. 1 in Blockdarstellung die prinzipielle Funktion eines Überwachungssystems nach der Erfindung.

Fig. 2 in gleicher Darstellungsweise ein vollständiges Reifendrucküberwachungssystem und

Fig. 3 in gleicher Darstellungsweise ein vereinfachtes Reifendrucküberwachungssystem nach der Erfindung.

Zur Erläuterung des grundsätzlichen Aufbaus und der Wirkungsweise eines Reifendrucküberwachungssystems zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens dient Fig. 1.

Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, daß sich die gewünschten Informationen über dem Reifendruck aus einer Analyse des vertikalen Schwingungsverhaltens der einzelnen Räder gewinnen lassen. Daher wird in einer ersten Stufe, die durch den Funktionsblock 1 symbolisiert ist, das vertikale Schwingungsverhalten des Rades analysiert. Es werden mittels einer Frequenzanalyse der Radvertikalbeschleunigungen oder analoger Größen, wie der Federwege, die Eigenfrequenzen der Radvertikalbewegungen bestimmt. Aus diesen Eigenfrequenzen wird dann im Funktionsblock 2 die Reifenfederrate  $c_R$  ermittelt. Diese Reifenfederrate läßt sich näherungsweise mit der Formel

$$c_R = K(D) \times m_R \times \omega_R^2$$

bestimmen. Dabei ist  $K(D)$  eine von dem Dämpfungsmaß abhängige Konstante;  $m_R$  ist ein Maß für die ungefederte Masse des Rades,  $\omega_R$  ist die Radeigenfrequenz. Da  $K(D) \times m_R$  eine fahrzeugspezifische Konstante ist, läßt sich aus der Radeigenfrequenz  $\omega_R$  direkt auf die Reifenfederrate  $c_R$  schließen.

Aus der Reifenfederrate  $c_R$  wird sodann gemäß Funktionsblock 3 der Reifendruck errechnet. Es wird die Erkenntnis ausgenutzt, daß die Reifenfederrate im wesentlichen von folgenden Einflußfaktoren abhängig ist, nämlich von

- konstruktionsbedingten Merkmalen
- Radaufstandskraft (Beladung)
- Luftdruck
- Fahrzeug- bzw. Radgeschwindigkeit
- Schräglaufwinkel und
- Sturzwinkel.

In einem Funktionsblock 4 wird der vorgeschriebene Betriebsdruck bzw. der Sollwert des Reifendruckes ermittelt und mit dem momentanen Reifendruck verglichen. Der Sollwert des Reifendruckes ist abhängig vom Typ und Aufbau des jeweiligen Reifens und von der Reifentemperatur, also von reifenspezifischen Daten, außerdem von der Beladung des Fahrzeugs bzw. Belastung des Rades und von der Fahrgeschwindigkeit. Dies sind die wesentlichsten Einflußgrößen.

Ergibt der Vergleich des Reifendruckes mit dem Sollwert eine erhebliche Abweichung, wird ein Warnsignal

ausgelöst.

In Fig. 2 sind nochmals die bereits erläuterten Funktionsblöcke 1 bis 4 und zusätzlich die wesentlichen Meßgrößen und Kennwerte wiedergegeben.

Dem Funktionsblock 1, der für die Frequenzanalyse zuständig ist, werden im vorliegenden Ausführungsbeispiel die mit Hilfe von radindividuellen Vertikalbeschleunigungssensoren gewonnenen Meßgrößen, symbolisiert durch den Block 5, zugeleitet. Durch Messung der Federwege lassen sich die gleichen Informationen gewinnen.

Kennwerte über die Radmasse und über die Dämpfung des Rades werden bei der Errechnung der Reifenfederrate benötigt. Diese Kennwerte, symbolisiert durch den Block 6, sind in der Elektronik gespeichert.

Die Fahrzeug- oder Radgeschwindigkeit, die Beladung, der Schräglauf- und der Sturzwinkel — diese Meßgrößen werden durch den Block 7 symbolisiert — lassen sich mit Hilfe von entsprechenden Sensoren bestimmen. Zur Errechnung des Reifendruckes im Funktionsblock 3 werden diese Informationen benötigt. Bei der Berechnung des Reifendruckes müssen natürlich auch reifenspezifische Größen berücksichtigt werden, die in Form eines Reifenkennfeldes 8 in der Elektronik gespeichert sind.

Zur Ermittlung des vorgeschriebenen Betriebsdruckes bzw. des Sollwertes des Reifendruckes werden ebenfalls die Reifenkennfelder, symbolisiert durch 8', benötigt. Außerdem werden dem Funktionsblock 4 Meßgrößen 9, nämlich über die Fahrzeug- und/oder Radgeschwindigkeit, Beladung und Reifentemperatur, zugeleitet.

Die Genauigkeit bei der Ermittlung des Reifendruckes und des Luftdruck-Sollwertes kann durch weitere Informationen, z. B. über die Bremsenbetätigung, Außentemperatur usw., noch erhöht werden. Diese Informationen lassen sich grundsätzlich, wie auch andere, entweder durch Messung mit Hilfe entsprechender Sensoren gewinnen oder aus anderen Informationen ableiten bzw. näherungsweise bestimmen. Z. B. kann die Reifentemperatur näherungsweise aus der Fahrzeuggeschwindigkeit, der Betriebszeit, Informationen über die Bremsbetätigung usw. abgeleitet werden. Mit solchen Maßnahmen lassen sich ggf. Sensoren einsparen oder durch ohnehin vorhandene Sensoren ersetzen; dies ist insbesondere von Bedeutung, wenn das Fahrzeug bereits mit einem Regelsystem, wie mit einer Dämpfungsregelung, mit einem ABS oder einer ASR, ausgerüstet ist.

Als Ergebnis der beschriebenen Funktionen und Berechnungen wird schließlich, wie der Block 10 symbolisiert, der Reifendruck, d. h. der tatsächliche Reifendruck, ggf. zusätzlich der jeweilige Sollwert des Betriebsdruckes und/oder die Abweichung zwischen beiden Größen, zur Anzeige gebracht. Überschreitet die Abweichung zwischen dem ermittelten Reifendruck und dem Luftdruck-Sollwert vorgegebene Grenzwerte, werden optische und/oder akustische Warnsignale ausgelöst.

Eine Vereinfachung des beschriebenen Überwachungsverfahrens und eines entsprechenden Überwachungssystems veranschaulicht Fig. 3. Nach diesem Ausführungsbeispiel werden ebenfalls in dem Funktionsblock 1, an den wiederum Sensoren zur radindividuellen Messung der Radvertikalbeschleunigungen oder der Federwege angeschlossen sind, die Eigenfrequenzen der Radvertikalbewegungen ermittelt. In einem Funktionsblock 11 wird dann jedoch lediglich achsweise festgestellt, ob die Eigenfrequenzen der beiden

Räder einer Achse (näherungsweise) gleich sind. Überschreiten die Abweichungen vorgegebene Grenzen, wird dies als Hinweis auf fehlerhaften Reifendruck in einem der beiden verglichenen Räder aufgefaßt und signalisiert. Auf eine Anzeige des tatsächlichen Reifendrucks wird verzichtet. Auf diese Weise läßt sich die Elektronik und damit das ganze Reifendrucküberwachungssystem erheblich vereinfachen und verbilligen.

Das erfindungsgemäße Verfahren läßt sich besonders vorteilhaft mit Hilfe entsprechend programmierten Microprozessoren bzw. Microcomputern realisieren. Durch Änderung der gespeicherten Kennwerte läßt sich in diesem Fall bei Austausch des Reifens oder Änderung anderer Parameter sehr einfach eine Anpassung an die speziellen Bedingungen vornehmen.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Überwachung des Luftdruckes in den an einem Fahrzeug montierten Reifen, dadurch gekennzeichnet,

- daß das vertikale Schwingungsverhalten der einzelnen Fahrzeuigräder gemessen wird (Funktionsblock 5),
- daß die Eigenfrequenzen der Radvertikalbewegungen ermittelt werden (Funktionsblock 1),
- daß aus den Eigenfrequenzen die Federraten der einzelnen Reifen ermittelt werden (Funktionsblock 2) und
- daß aus der jeweiligen Federrate unter Berücksichtigung fahrzeugspezifischer Meßdaten, wie Beladung, Fahrzeuggeschwindigkeit, Schräglaufwinkel, Sturzwinkel oder dergl., der Luftdruck in den Reifen bestimmt wird (Funktionsblock 3).

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der momentane Luftdruck in den einzelnen Reifen angezeigt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der momentane Luftdruck mit vorgegebenen Sollwerten des Reifendrucks verglichen (Funktionsblock 4) und ein Warnsignal (Block 10) ausgelöst wird, wenn die Abweichung zwischen dem momentanen Luftdruck und den Sollwerten vorgegebene Grenzwerte überschreitet.

4. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1–3, dadurch gekennzeichnet, daß den Reifendruck beeinflussende Daten, wie Reifentemperatur, Beladung, Fahrzeuggeschwindigkeit, Betriebszeit, Bremsenbetätigung etc., gemessen werden (Funktionsblock 9), und daß in Abhängigkeit von diesen Meßwerten der Reifendruck-Sollwert bzw. die Grenzwerte des Solldrucks variiert bzw. den jeweiligen Gegebenheiten angepaßt werden.

5. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1–3, dadurch gekennzeichnet, daß die den Reifendruck beeinflussenden Daten aus der Fahrzeuggeschwindigkeit, der Bremsenbetätigung und aus anderen ohnehin vorhandenen Meßdaten näherungsweise errechnet und bei der Ermittlung des Reifendruck-Sollwertes bzw. der Grenzwerte berücksichtigt werden.

6. Verfahren zur Überwachung des Luftdruckes in Fahrzeuigräfen, dadurch gekennzeichnet,

- daß das vertikale Schwingungsverhalten der einzelnen Fahrzeuigräder gemessen wird

(Funktionsblock 5),

- daß die Eigenfrequenzen der Radvertikalbewegungen ermittelt werden (Funktionsblock 1),

- daß das Schwingungsverhalten der Fahrzeuigräder bzw. die jeweils ermittelten Eigenfrequenzen achsweise verglichen und Warnsignale (10) ausgelöst werden, wenn die Abweichungen vorgegebene Grenzwerte überschreiten.

7. Luftdrucküberwachungssystem zur Durchführung des Verfahrens nach einem oder mehreren der Ansprüche 1–6, dadurch gekennzeichnet, daß dieses im wesentlichen aus Sensoren (5) zur direkten oder indirekten, radindividuellen Messung der Radvertikalbeschleunigungen oder entsprechender Größen, wie der Federwege, und aus einer elektronischen Schaltung (1–4, 6, 8, 8', 10) zur Auswertung der Meßsignale sowie zur Erzeugung von Warnsignalen bei unzulässigem Reifendruck besteht.

8. Luftdrucküberwachungssystem nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich Sensoren (7, 9) zur Ermittlung einer oder mehrerer der folgenden Meßgrößen vorhanden und an die elektronische Auswerteschaltung angeschlossen sind:

- Fahrzeuggeschwindigkeit
- Radgeschwindigkeit, achsweise oder radindividuell
- Beladung, Achslasten
- Schräglaufwinkel
- Sturzwinkel
- Reifentemperatur
- Außentemperatur
- Betriebszeit
- Bremsenbetätigung.

9. Luftdrucküberwachungssystem nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß in der Auswerteschaltung Kennwerte und Kennfelder für eine oder mehrere der folgenden Größen speicherbar sind:

- Radmassen (6)
- Schwingungsdämpfung (6)
- Reifentyp, Reifencharakteristik (8, 8').

10. Luftdrucküberwachungssystem nach einem oder mehreren der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß dieses mit einem 4-Kanal-Dämpfkraftregelsystem kombiniert ist.

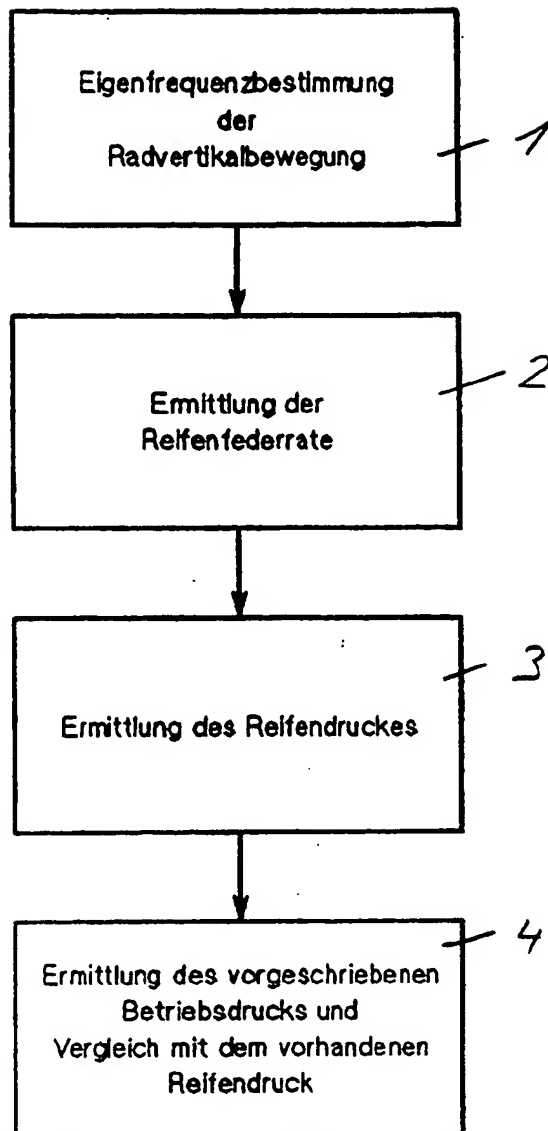
11. Luftdrucküberwachungssystem nach einem oder mehreren der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß dieses mit einem Antiblockier- und/oder Antriebsschlupfregelsystem kombiniert ist.

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

— Leerseite —



*Fig. 1*

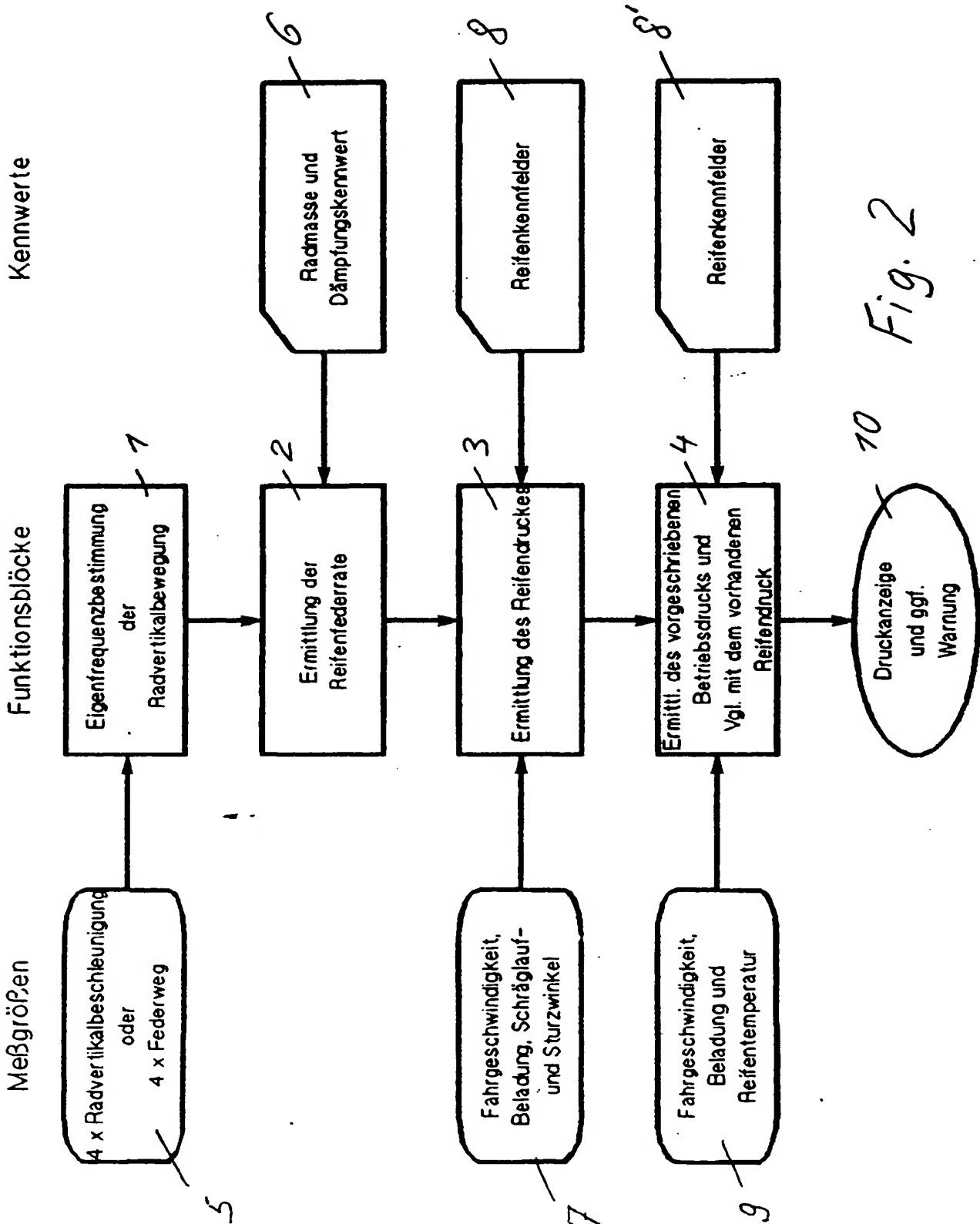


Fig. 3

